

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 62091879  
PUBLICATION DATE : 27-04-87

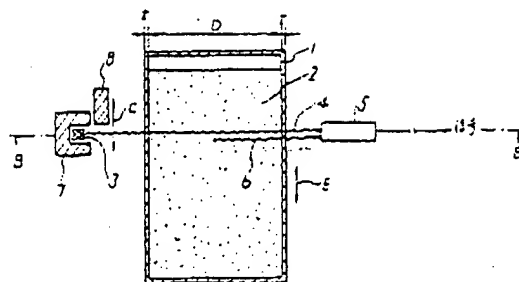
APPLICATION DATE : 17-10-85  
APPLICATION NUMBER : 60231823

APPLICANT : MITSUBISHI ELECTRIC CORP;

INVENTOR : NAKAMORI NORITSUGU;

INT.CL. : G01T 1/167 G01N 9/24

TITLE : MEASURING METHOD FOR DENSITY  
OF RADIOACTIVE SUBSTANCE



ABSTRACT : PURPOSE: To discriminate and measure gamma ray caused by an external irradiation use radiation source, and the gamma ray generated from an object to be measured itself, by measuring the density of the radioactive substance of the object to be measured, based on the difference of the first detecting value and the second detecting value, respectively.

CONSTITUTION: At a usual time, the gamma ray is measured by a radiation detector 5, in a state that a shielding body 8 has been moved in front of an external irradiation use radiation source 3, namely, by cutting the gamma ray from the radiation source 3. In this case, transmission gamma ray 4 is not measured and only the gamma ray 6 emitted from an object to be measured 2 itself is measured. This measured value is the second detecting value. Subsequently, the shielding body 8 is moved only a short time so that the gamma ray 4 is made incident on the detector 5. In this case, the sum of the gamma ray 4 caused by the radiation source 3 and the gamma ray 6 generated from the object to be measured 2 is measured. This measured value is the first detecting value. Also, while a container 1 rotates, ascends and descends, said operation is repeated suitably. In this way, by measuring the density of the radioactive substance of the object to be measured, based on the difference of the first and the second detecting values, respectively, an exact measured value can be obtained.

COPYRIGHT: (C) JPO

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑬ 公開特許公報(A)

昭62-91879

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和62年(1987)4月27日

G 01 T 1/167  
G 01 N 9/24

C-8105-2G  
6738-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑬ 発明の名称 放射性物質の密度測定方法

⑭ 特 願 昭60-231823

⑮ 出 願 昭60(1985)10月17日

⑯ 発 明 者 大 橋 修 神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番1号 三菱重工業株式会社神戸造船所内  
⑯ 発 明 者 畠 田 文 昭 神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番1号 三菱重工業株式会社神戸造船所内  
⑯ 発 明 者 幸 丸 正 樹 尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社中央研究所内  
⑰ 出 願 人 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番1号  
⑰ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号  
⑰ 代 理 人 弁理士 大岩 増雄 外2名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

放射性物質の密度測定方法

2. 特許請求の範囲

(1) 外部照射用放射線源から放射されたガンマ線を、放射性物質を含む被測定物が充填され、回転・昇降する容器に照射透過させ、上記外部照射用放射線源に起因するガンマ線と上記被測定物自身から発生するガンマ線との和を測定して第1検出値を得ると共に、上記外部照射用放射線源からのガンマ線をカットし、上記被測定物自身から発生するガンマ線のみを測定して、第1検出値の測定時刻に近接した時刻における第2検出値を得る操作を複数回行ない、第1検出値と第2検出値のそれぞれの差をもとに上記被測定物の放射性物質の密度を測定する放射性物質の密度測定方法。

(2) ガンマ線のカットは、外部照射用放射線源前面に設けた移動可能な遮蔽体の移動により行なわれる特許請求の範囲第1項記載の放射

性物質の密度測定方法。

(3) ガンマ線のカットは、開口部を有する回転可能な遮蔽容器に外部照射用放射線源を収納し、上記遮蔽容器を回転させることにより行なわれる特許請求の範囲第1項記載の放射性物質の密度測定方法。

(4) 被測定物に照射するガンマ線は強度を変え得る特許請求の範囲第1項ないし第3項の何れかに記載の放射性物質の密度測定方法。

(5) 外部照射用放射線源として印加電圧可変なX線管を用い、ガンマ線のカットは上記X線管に印加する電圧を零とすることにより行なり特許請求の範囲第1項記載の放射性物質の密度測定方法。

(6) ガンマ線の測定は表面線量率計に使用する放射線検出器により行なり特許請求の範囲第1項記載の放射性物質の密度測定方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、放射性廃棄物詰容器等容器中に充

充填物と共に封入された放射性物質の量を、容器内から放出されるガンマ線を計測して非破壊で測定評価するシステムにおいて必要となる充填物の密度測定法に關するものである。

(従来の技術)

従来から原子力発電所等の放射性物質や該物質を取扱う施設から発生する放射性廃棄物は容器に充填されるが、この容器内充填放射能量を非破壊で測定する場合、容器内から外部に放射されるガンマ線を放射線検出器で測定し、放射能量を推定することが行われている。この様な外部からのガンマ線計測においては、容器内で放出されるガンマ線が容器内充填物により吸収・散乱を受ける為、同一放射能値であっても充填物密度に依存して外部でのガンマ線計測値は異なってくる。この言わゆる密度効果を補正する為には、充填物の密度を精度良く評価することが必要である。従来、この種の用途において密度を測定する方法としては放射線透過法が使用されている。第3図にその方法を簡単に示した。図において、(1)は容器、(2)は容

器に充填された放射性物質を含む被測定物、(3)は外部照射用放射線源、(4)は外部照射用放射線源(3)から放射されたガンマ線が容器(1)、被測定物(2)を透過してきたすなわち外部照射用放射線源(3)に起因するガンマ線、(5)は上記ガンマ線(4)を測定する放射線検出器である。

次に動作について説明する。今、外部照射用放射線源(3)から放出されるガンマ線の強度を $I_0$ 、容器(1)の厚さ、密度、ガンマ線質量吸収係数をそれぞれ $t$ 、 $\rho_c$ 、 $\mu_c$ 、被測定物(2)の厚さ、密度、ガンマ線質量吸収係数をそれぞれ $D$ 、 $\rho$ 、 $\mu$ 、外部照射用放射線源(3)から放出されるガンマ線に対する放射線検出器(5)の検出効率を $\eta$ とすると、透過ガンマ線(4)に対する放射線検出器(5)の応答 $R$ は次式の様になる。

$$R = I_0 \cdot e^{-(2\mu_c \cdot \rho_c \cdot t + \mu \rho D)} \cdot \eta \quad \dots\dots ①$$

被測定物(2)を充填しない場合の同応答を $R_0$ とすると

$$R_0 = I_0 \cdot e^{-2\mu_c \cdot \rho_c \cdot t} \cdot \eta \quad \dots\dots ②$$

①、②より

$$R/R_0 = e^{-\mu \rho D} \quad \dots\dots ③$$

$$\text{④式より } \mu \rho = \frac{1}{D} \ln(R_0/R) \quad \dots\dots ④$$

④式より物質が判つていれば $\mu$ の値がわかり密度 $\rho$ が求められ、またわからなくても $\mu$ の値は低エネルギーガンマ線の場合を除くと、ほぼ一定値なので、 $\rho$ が近似的に求められる。(重要な量は $\rho$ と云うより、 $\mu \rho$ 値なので敢えて $\mu$ と $\rho$ を分離する必要はない。)ところが現実には容器(1)内にも放射能が存在し、第1図に示す様に、被測定物(2)自身から発生するガンマ線(6)が放射線検出器(5)に入射してしまうため、これが密度を測るという目的からは誤差要因となる。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の密度測定方法は以上のようなものであるが、現実には容器(1)内にも放射能が存在するため、第1図に示す様に、被測定物(2)自身から発生するガンマ線(6)が放射線検出器(5)に入射してしまい、密度測定という観点からはこれが誤差要因となる。そこで、被測定物(2)自身から発生するガンマ線(6)とは異なるエネルギーのガンマ線を放射する外部

照射用放射線源(3)を用いてガンマ線スペクトロスコピーを行ない、上記誤差を抑えることが考えられるが、被測定物(2)に含まれる放射性物質は多種多様有り、それらから放出される全てのガンマ線エネルギーと異なるエネルギーのガンマ線を放射する外部照射用放射線源(3)を捜すことは難しく、また万一見出し得たとしても、近いエネルギーに被測定物(2)自身から発生するガンマ線(6)が存在するので、両者(4)、(6)を分離評価するには例えばゲルマニウム半導体検出器等のエネルギー分解能の良好な検出器(5)を用いる必要が生じ、高価になると共に測定に時間がかかり、結局、被測定物(2)の局所局所での密度を求めることは困難で、平均値しか求められなくなる。また、外部照射用放射線源(3)から放射されるガンマ線(4)の強度を、被測定物(2)自身から発生するガンマ線(6)の強度よりも充分大きくして、上記誤差を抑えることも考えられるが、この場合、外部照射用放射線源(3)からのガンマ線(4)の計測値が被測定物(2)からのガンマ線(6)の計測値の数十倍になる様に外部照射用放射線源

(3)の強度を測定することが必要となり、測定系の負荷を考えると実用的でない。以上のように、従来の放射線透過法では被測定物(2)の密度を精度良く測定評価するのは困難であつた。

なお、放射線透過法とは別に、秤量法による密度測定も行なわれている。これは、空容器(1)重量をあらかじめ測つておき、容器(1)内に充填された被測定物(2)の正味重量を求め、充填レベルを超音波や放射線等を利用して測定することにより体積を求めて、両データから平均密度を求める方法であるが、この場合、容器(1)内で被測定物(2)の密度が均一であれば問題ないが、不均一であれば誤差が生じる。

この発明は、上記の様な問題点を解消するためになされたもので、密度測定のために容器外から放射線検出器に対して照射する外部照射用放射線源に起因するガンマ線と、被測定物自身から発生するガンマ線を弁別測定できる密度測定方法を得ることを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

できる。

〔実施例〕

以下、この発明の一実施例を図をもとに説明する。第1図aはこの発明の一実施例を示す縦断面図、bはaのB-B線横断面図である。図において、(7)は外部照射用放射線源(3)の遮蔽を行なう遮蔽容器、(8)は外部照射用放射線源(3)と放射線検出器(5)を結ぶ線上で外部照射用放射線源(3)の前面に、矢印Cで示す方向に自動的に移動可能な状態で設置された遮蔽体である。なお、容器(1)は回転、昇降しており、矢印D、Eはそれぞれ回転および昇降方向を示す。

次に動作について説明する。通常時は遮蔽体(8)を外照射用放射線源(3)の前面に移動させた状態で、すなわち外部照射用放射線源(3)からのガンマ線をカットした状態で、放射線検出器(5)によりガンマ線の計測を行なう。この時は、透過ガンマ線(4)は計測されずに被測定物(2)自身からの放出ガンマ線(6)のみを計測される。この測定値を第2検出値とする。次に、遮蔽体(8)を短時間だけ移動させて透

この発明に係る放射性物質の密度測定方法は、外部照射用放射線源から放射されたガンマ線を、放射性物質を含む被測定物が充填され、回転・昇降する容器に照射透過させ、上記外部照射用放射線源に起因するガンマ線と上記被測定物自身から発生するガンマ線との和を測定して第1検出値を得ると共に、上記外部照射用放射線源からのガンマ線をカットし、上記被測定物自身から発生するガンマ線のみを測定して、第1検出値の測定時刻に近接した時刻における第2検出値を得る操作を複数回行ない、第1検出値と第2検出値のそれぞれの差をもとに上記被測定物の放射性物質の密度を測定するものである。

〔作用〕

この発明においては、外部照射用放射線源に起因するガンマ線と被測定物自身から発生するガンマ線の和の測定値と被測定物自身から発生するガンマ線のみを測定値が得られるため、前者から後者を差し引くことにより、外部照射用放射線源に起因するガンマ線の測定値のみを評価することが

過ガンマ線(4)が放射線検出器(5)に入射する様にする。この時は、外部照射用放射線源(3)に起因するガンマ線(4)と被測定物自身から発生するガンマ線(6)との和が計測される。この測定値を第1検出値とする。容器(1)が回転、昇降している間、以上の操作を適宜繰り返す。

以上の様にして得られる放射線検出器(5)出力信号の時間変化を第2図a、bに示す。第2図aは被測定物(2)自身から発生するガンマ線信号すなわち第2検出値が容器(1)の回転、昇降によりそれ程変化せず、ほぼ一定と見せる場合であり、第2図bは第2検出値が容器(1)の回転、昇降により変化する場合を示す。何れも、遮蔽体(8)開放時間をT、閉じている時間をT'、開放して検出器(5)出力が充分飽和している時間をT'とした。第2図a、bの両ケース共、透過ガンマ線(4)に起因する正味の信号は、第1検出値と第2検出値の差、すなわち遮蔽体(8)開放前後の出力信号とT'間の出力信号との差(もしくはT'間の積分値の差)H<sub>i</sub>(i=1, 2, 3, …)として求められる。このH<sub>i</sub>

から、その時々ガンマ線(4)透過パスにおける被測定物(2)の平均的密度を求めることができる。また、ある区間での平均密度を求めるには、その区間の計測時間の範囲内で以上述べた手順で求めた密度を平均すればよい。

なお、第2図bのようなケースについては、被測定物(2)自身から発生するガンマ線(6)による放射線検出器(5)出力信号の容器(1)の回転、昇降に伴う変化周期よりも時間Tを短かくして、バックグラウンド成分を精度良く弁別出来る様にする必要がある。そのためには、外部照射用放射線源(3)から放射されるガンマ線の強度を大きくし、放射線検出器(5)の出力信号を大きくして測定時の時定数を短かくすることが必要である。この場合、通常のパルス方式の放射線検出器(5)では計数損失が起こるため、ダイナミックレンジの広い、電離箱の様な電流出力方式のものを使用すると良い。

なお、上記実施例では外部照射用放射線源(3)は一種類の場合を示したが、複数の強度の異なる線源(3)を用いて放射線検出器(5)のダイナミックレン

ジに合わせて自動選別して使用できるようにしてもよい。これは、被測定物(2)密度が各容器(1)によって大きく変わり、その結果として透過ガンマ線(4)強度が大きく変化する場合や、著しく高レベルの放射能が容器(1)内に含まれている場合に特に有効である。

また、遮蔽体(8)を無くし、開口を有する遮蔽容器(7)を回転させることにより、外部照射用放射線源(3)から放射線検出器(5)に入射するガンマ線をカットしてもよく、上記実施例と同様の効果が得られる。

また、外部照射用放射線源(3)としてX線管を用いると、電源をON/OFFすることにより上記遮蔽体(8)や遮蔽容器(7)と同様の機能が得られるし、印加電圧を可変とすることにより被測定物(2)の密度が各容器(1)により大きく変化する場合にも対応可能となる。

以上は、容器(1)の同一表面が2回以上放射線検出器(5)前面に来ることは無いものとして考えたが、同一表面が2回以上放射線検出器(5)の前面に来る

場合は、その内の一回を外部照射用放射線源(3)からの透過ガンマ線(4)も含めた計測を行ない、もう一回は上記透過ガンマ線(4)をカットした時の計測を行ない、前者から後者を回転位相のずれの無い様にして差し引くと、更に正確な密度測定が可能となる。

さらに、放射性廃棄物貯蔵容器の計測項目の一つに表面線量率があるが、密度測定に使用する放射線検出器(5)として線量率計測可能な例えば電離箱やシンチレーション検出器に線量換算用の専用演算回路を設けたもの等を使用し、第2図において $T/T'$ が小さい値になる様に設計すれば、密度測定装置で合せて表面線量率も測定できる。その場合の密度測定による表面線量率の欠測部分は、短時間なので周囲の表面線量率データより2次元的に内挿して評価するとよい。

(発明の効果)

以上のように、この発明によれば、外部照射用放射線源から放射されたガンマ線を、放射性物質を含む被測定物が充填され、回転・昇降する容器

に照射透過させ、上記外部照射用放射線源に起因するガンマ線と上記被測定物自身から発生するガンマ線との和を測定して第1検出値を得ると共に、上記外部照射用放射線源からのガンマ線をカットし、上記被測定物自身から発生するガンマ線のみを測定して、第1検出値の測定時刻に近接した時刻における第2検出値を得る操作を複数回行ない、第1検出値と第2検出値のそれぞれの差をもとに上記被測定物の放射性物質の密度を測定するので、外部照射用放射線源に起因するガンマ線と、被測定物自身から発生するガンマ線を弁別測定でき、より正確な密度測定値が得られる効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図aはこの発明の一実施例を示す縦断面図、第1図bは第1図aのB-B線横断面図、第2図a、bは共にこの発明の一実施例による放射線検出器出力信号の時間変化を示す特性図、第3図は従来の密度測定方法を説明する縦断面図である。

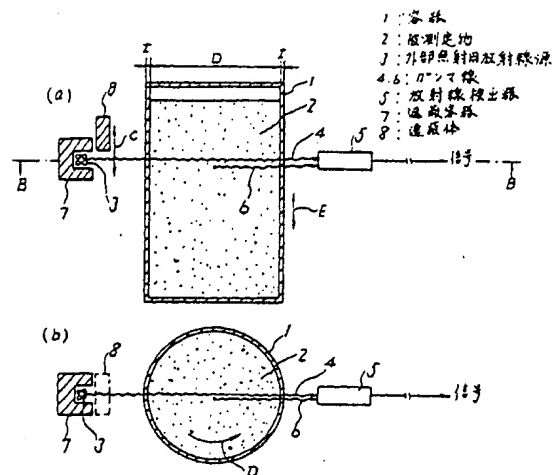
図において、(1)は容器、(2)は被測定物、(3)は外部照射用放射線源、(4)、(6)はガンマ線、(5)は放射

線検出器、(7)は遮蔽容器、(8)は遮蔽体、Cは遮蔽体の移動方向を示す矢印、Dは容器の回転方向を示す矢印、Eは容器の昇降方向を示す矢印である。

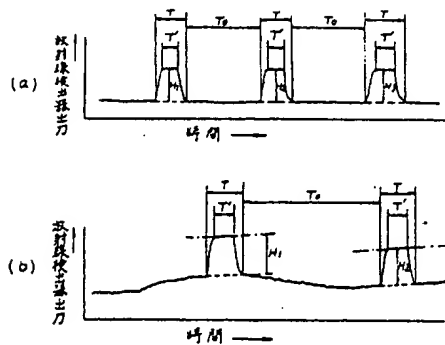
なお、各図中同一符号は同一または相当部分を示すものとする。

代理人 大 岩 増 雄

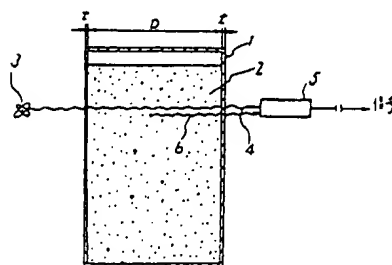
第1図



第2図



第3図



特開昭62-91879(6)

第1頁の続き

⑦発明者 山内 克彦 神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 三菱電機株式会社  
制御製作所内  
⑧発明者 仲森 詰貢 神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 三菱電機株式会社  
制御製作所内

手続補正書(自発)

昭和 61 3 28  
日 月 日

特許庁長官殿

1. 事件の表示 特願昭 60-281828号

2. 発明の名称 放射性物質の密度測定方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人  
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
名 称 (601)三菱電機株式会社 (外1名)  
代表者 志岐守哉

4. 代理人

住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
三菱電機株式会社内  
氏 名 (7375) 弁護士 大 嶋 雄 雄  
(連絡先03(213)3421特許部)

5. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

(1) 明細書第4頁第16行の

$R \cong I_0 \cdot e^{-(2\mu c \cdot \rho c \cdot t + \mu \rho D) \cdot \eta}$  を

$R \cong I_0 \cdot e^{-(2\mu c \cdot \rho c \cdot t + \mu \cdot \rho \cdot D) \cdot \eta}$  と訂正する。

(2) 同第4頁第19行の

$R_0 \cong I_0 \cdot e^{-2\mu c \cdot \rho c \cdot t \cdot \eta}$  を

$R_0 \cong I_0 \cdot e^{-2\mu c \cdot \rho c \cdot t \cdot \eta}$  と訂正する。

(3) 同第5頁第1行の「 $R/R_0 \cong e^{-\mu}$ 」を

$R/R_0 \cong e^{-\mu \cdot \rho \cdot D}$  と訂正する。

(4) 同第5頁第2行の「 $\mu \rho \cong \frac{1}{D} \ln(R_0/R)$ 」を

$\mu \cdot \rho \cong \frac{1}{D} \ln(R_0/R)$  と訂正する。

以 上